

วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (2561)

## แนวปฏิบัติที่ดีในการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาการสร้างความอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ

อรณิชา หงษ์เกิด<sup>1\*</sup> ศศิเทพ ปิติพรเทพิน<sup>1</sup> และปราโมทย์ ชำนาญปิ่น<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ และ <sup>2</sup>ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

\*E-mail: onnicha.h@ku.th

รับบทความ: 1 เมษายน 2561 แก้ไขบทความ: 28 พฤษภาคม 2561 ยอมรับตีพิมพ์: 14 มิถุนายน 2561

### บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เรื่อง “การทำหมันสัตว์” สำหรับพัฒนาการสร้างความอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสตรีแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี จำนวน 44 คน กระบวนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ชี้นำวางแผน 2) ขั้นลงมือปฏิบัติ 3) ขั้นสังเกต และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติงาน แต่ละขั้นจะมีการดำเนินการต่อเนื่องเป็นวงจร เมื่อดำเนินการเสร็จสิ้นในแต่ละวงจรจะสะท้อนผลการปฏิบัติงานเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขการดำเนินงานครั้งต่อไป เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ใบกิจกรรมของนักเรียน บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และอนุทินของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากวงจรการวิจัยด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัยเพื่อนำมาสรุปเป็นแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างความอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลที่ใช้ในกิจกรรมอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปใช้ในการอภิปรายในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) ให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงจุดยืนของตนได้ และให้โอกาสนักเรียนที่มีความคิดเห็นต่างจากผู้อื่นได้มีการค้นคว้าอย่างอิสระด้วยตนเองเพื่อมาเป็นส่วนหนึ่งของการอภิปรายในห้องเรียน 3) จัดกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเห็นตัวอย่างของการใช้หลักฐานและเหตุผลของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดี เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้เหมาะสมยิ่งขึ้น และ 4) กำหนดกฎและกติกาสำหรับการทำกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการประนีประนอมและกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย

**คำสำคัญ:** การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน การสร้างความอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การทำหมันสัตว์ ระบบต่อมไร้ท่อ

## Best Practices for Using Socioscientific Issues to Develop Scientific Explanation in Learning Unit of Endocrine System

Onnicha Hongkerd<sup>1\*</sup>, Sasithev Pitiporntapin<sup>1</sup> and Pramote Chumnanpuen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Education, Faculty of Education; <sup>2</sup>Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

\*E-mail: onnicha.h@ku.th

Received: 1 April 2018   Revised: 28 May 2018   Accepted: 14 June 2018

### Abstract

This classroom action research aimed to study best practices of socioscientific issues (SSIs) – based teaching in topic of “animal sterilization” to develop grade–11 students’ scientific explanation in learning unit of endocrine system. The participants were 44 grade–11 students who studied in the first semester of academic year 2017 from a girl school in Nonthaburi. This action research applied spiral model comprising 4 steps: 1) Plan 2) Act 3) Observe and 4) Reflect. The data were collected by using students’ worksheet, teacher’s reflective journal and students’ reflective journal. Qualitative data were analyzed with inductive analysis to propose the best practices. The findings revealed that best practices for SSIs–based teaching to enhance students’ ability in constructing scientific explanation were: 1) promoting the note–taking skill to capture and organize what they learn, 2) giving students the opportunity to change their point of view, 3) providing adequate examples of scientific explanations to improve their critiquing skill, and 4) creating the class agreement on the active learning activities to engage student participation.

**Keywords:** Socioscientific issues (SSIs) – based teaching, Scientific explanation, Animal sterilization, Endocrine system

### บทนำ

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในความสามารถที่สะท้อนถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ที่กำหนดโดยสมาคมแห่งการเรียนรู้ กระทรวงศึกษาธิการของประเทศไทย

อเมริกา (The North Central Regional Educational Laboratory: NCREL) (NCREL, 2003) และยังเป็นทักษะหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co–operation and Development,

OECD) ซึ่งได้นำมาใช้ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment, PISA) (ODCE, 2009)

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญประการหนึ่งสำหรับวิทยาศาสตร์ (Nagel, 1961) องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์พัฒนามาจากรูปแบบการโต้แย้งของทั่วไป (generic argument form) ของ Toulmin (1958) และมีการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบให้เหมาะสำหรับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) เป็นข้อยืนยันว่าเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร 2) หลักฐาน (evidence) นักเรียนสามารถคัดเลือกข้อมูลเพื่อใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนได้ และ 3) การให้เหตุผล (reasoning) เป็นสิ่งที่ใช้ในการเชื่อมโยงว่าหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร อย่างไรก็ตาม แม้ว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะเป็นทักษะที่สำคัญ แต่นักเรียนมักพบปัญหาในการใช้หลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงยังขาดการใช้เหตุผลที่ตรงประเด็นในการอธิบายว่าหลักฐานนั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร (McNeill and Krajcik, 2007)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน (socioscientific issues (SSIs) – based teaching) เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ช่วยพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เนื่องจากนักเรียนต้องเจรจาโต้แย้ง และตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นโดยประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

เป็นประเด็นที่มีส่งผลกระทบต่อสังคมในหลายด้าน ทั้งเศรษฐกิจ การเมือง และศีลธรรม อันเกิดจากความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันเกี่ยวกับแนวคิดหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้มีจุดยืนเป็นของตนเอง ค้นคว้าหาหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนและโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Fowler et al., 2009)

ผู้วิจัยได้มีโอกาสดูฝึกประสบการณ์วิชาชีพศึกษาศาสตร์ ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในหลายองค์ประกอบ โดยเฉพาะความสามารถในการใช้หลักฐานและการให้เหตุผล นักเรียนมักจะเขียนอธิบายเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนได้ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างนั้น นักเรียนมักใช้อารมณ์หรือความรู้สึกส่วนตัวแทนการใช้หลักฐาน และยังขาดทักษะในการประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐานอีกด้วย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้จัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำหรับรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง ต่อมไร้ท่อ ผู้วิจัยพบว่ามีความสนใจประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนนี้ที่สามารถนำมาปรับใช้กับการจัดการเรียนรู้ได้ หนึ่งในนั้นคือ “การทำหมันสัตว์” ซึ่งยังเป็นประเด็นที่ยังคงเป็นข้อถกเถียงและยังไม่มีข้อสรุปชัดเจนอันเกิดจากความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันในหลายด้าน ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และด้านศีลธรรม

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อไร้ท่อ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็น



mis and McTaggart (1998) มีขั้นตอนดำเนินการทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติงาน (Reflect) ในแต่ละขั้นของกระบวนการวิจัยจะมีการดำเนินการต่อเนื่องเป็นวงจร เมื่อดำเนินการเสร็จสิ้นในแต่ละวงจรก็จะมีสะท้อนผลการปฏิบัติงานเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขการดำเนินงานต่อไป

#### วิธีการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานโดยใช้ประเด็น “การทำหมันสัตว์” ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของ Eilks (2010) ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้ 1) วิเคราะห์ปัญหา นำประเด็น “การทำหมันสัตว์” เข้าสู่ชั้นเรียนโดยการใช้ข่าว บทความหรือสื่อวีดิทัศน์ 2) ทำให้เกิดความชัดเจนด้วยวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงเนื้อหาเรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ กับ “การทำหมันสัตว์” 3) กลับมาเน้นที่ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์อีกครั้ง นักเรียนสืบค้นและวิเคราะห์ว่าต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนใดเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็น 4) การแสดงบทบาทสมมติหรือการนำเสนอเกี่ยวกับประเด็น ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในอภิปรายและ ประนีประนอม และ 5) กิจกรรมสะท้อนความคิด นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับประสบการณ์เกี่ยวกับประเด็นปัญหาและกิจกรรมที่ได้เข้าร่วม โดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 10 คาบ โดยแต่ละแผนคือ 1 วงจร

2. ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) อนุทินของนักเรียน โดยประเด็นที่นักเรียนเขียนในอนุทิน ได้แก่ สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ การนำความรู้ไปปรับใช้ ปัญหาหรือข้อสงสัยเพิ่มเติม ความรู้สึกของนักเรียน และข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้ 2) บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีหัวข้อ ได้แก่ ผลของการจัดการเรียนรู้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดกิจกรรม ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป และ 3) ใบกิจกรรม ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนทำใบกิจกรรมหรือชิ้นงานระหว่างการจัดการเรียนรู้ ซึ่งใบกิจกรรมเหล่านี้เกี่ยวข้องกับเนื้อหาหรือกิจกรรมในคาบเรียนนั้น

3. นำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง แล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน นักวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และครูผู้มีความสามารถในการสอนชีววิทยา 2 ท่าน

4. ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงนำไปใช้จริง

#### ผลการวิจัย

ผู้วิจัยพบแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เรื่อง “การทำหมันสัตว์” เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ดังนี้

แนวปฏิบัติที่ 1 ให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลที่ใช้ในกิจกรรมอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไป

ใช้อภิปรายในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (วงจรที่ 1) ในช่วงแรกเป็นการนำประเด็น “การทำหมันสัตว์” เข้าสู่ชั้นเรียน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนแสดงข้อกล่าวอ้างว่าตนเห็นด้วยหรือไม่กับ “การทำหมันสัตว์” โดยให้นักเรียนแต่ละฝ่ายแสดงเหตุผลว่าเพราะเหตุใดตนจึงคิดเช่นนั้น แล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนข้อกล่าวอ้างและเหตุผลของกลุ่มของตนลงในกระดาษแล้วนำไปติดตามผนังห้องเรียน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละฝ่ายเดินชมผลงานของเพื่อนฝ่ายตรงข้าม โดยขณะที่เดินชมนักเรียนทำการบันทึกรายละเอียดของเหตุผลของอีกกลุ่มลงในใบบันทึกกิจกรรม “ความคิดเห็นที่แตกต่าง” เพื่อนำมาใช้ประกอบกิจกรรมโต้วาที

ในวงจรที่ 2 เมื่อถึงกิจกรรมการโต้วาทีในประเด็นที่ว่า “สัตว์ที่ทำหมันจะมีสุขภาพดีกว่าสัตว์ที่ไม่ทำหมัน” เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์และสืบค้นข้อมูลว่า ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนใดที่มีความเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำหมันสัตว์” โดยผู้วิจัยได้ให้นักเรียนจดบันทึกประเด็นสำคัญจากการโต้วาทีลงในใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละฝ่าย ซึ่งประเด็นเหล่านี้จะนำมาสู่การสืบค้นโดยการเชื่อมโยงเนื้อหาบทเรียนเรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ดังรายละเอียดในกิจกรรมการโต้วาที (วิดิทัศน์การจัดการเรียนรู้, 23 สิงหาคม 2560) ดังนี้

นักเรียนฝ่ายค้าน: จากการประกอบการพิสูจน์ไปทำหมันของเพื่อนในฝ่ายเราเนอะคะ พบว่า สุนัขค่อนข้างหงุดหงิดง่าย บางทีก็โตช้ากว่าแต่ก่อน เห็นไหมคะ ว่าสัตว์ได้รับผลกระทบจากการทำหมันหลายอย่าง

นักเรียนฝ่ายเสนอ: ฝ่ายค้านมีหลักฐานอะไรมาสนับสนุนว่า การที่สัตว์หงุดหงิดหรือโตช้า

เกี่ยวกับการทำหมัน หรือเป็นผลจากการทำหมันคะ

หลังจากจบการโต้วาทีช่วงแรก ผู้วิจัยได้นำประเด็นที่นักเรียนอภิปรายเข้ามาสู่กิจกรรมการค้นคว้าเพื่อตอบคำถามจากประเด็นดังกล่าว โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้ “จากการโต้วาทีเมื่อสักครู่ ฝ่ายค้านได้แสดงประสบการณ์เกี่ยวกับการทำหมันสัตว์ว่า สัตว์ที่นักเรียนพาไปทำหมัน หงุดหงิดง่ายและโตช้าอีกด้วย นักเรียนคิดว่าสองประเด็นนี้ เป็นผลกระทบที่ได้จากการทำหมันจริง ๆ หรือไม่ หรือสามารถเกิดได้จากความผิดปกติของระบบต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนอื่น ๆ ได้เช่นกัน” หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากหนังสือ อินเทอร์เน็ตและสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ เพื่อส่งเสริมการเชื่อมโยงเนื้อหาบทเรียนจากประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยหลังจากกิจกรรมการสืบค้นจะเป็นกิจกรรมการโต้วาทีในช่วงที่ 2 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนฝ่ายเสนอได้แสดงหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นและเนื้อหาบทเรียนเพื่อโน้มน้าวใจฝ่ายค้าน (วิดิทัศน์การจัดการเรียนรู้, 23 สิงหาคม 2560) เช่น

นักเรียนฝ่ายเสนอ: จากการสืบค้นเนอะคะ จริง ๆ แล้วอาการหงุดหงิดของสัตว์อาจเกิดจากความผิดปกติของฮอร์โมนไทรอกซีน (thyroxine) จากต่อมไทรอยด์ก็ได้...ส่วนเรื่องจากเจริญเติบโตของสุนัข อาจเป็นความผิดปกติของโกรทฮอร์โมน (growth hormone) ได้เช่นกัน...อาจไม่ได้เป็นผลจากการทำหมันจริง ๆ ก็ได้คะ

ผู้วิจัยพบว่าการที่นักเรียนมีข้อมูลของแต่ละฝ่ายที่นักเรียนจดบันทึกในใบงาน ทำให้นักเรียนสามารถหยิบยกใช้ประเด็นนั้น ๆ มาใช้เป็นประเด็นในการโต้วาทีได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม

สิ่งที่ผู้วิจัยพบผ่านกิจกรรมได้วาทะ คือ นักเรียนหลายคนเมื่อได้ฟังข้อกล่าวอ้าง และเหตุผลของฝ่ายตรงข้ามของตน นักเรียนมักไม่จดข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นข้อโต้แย้งของฝ่ายนั้น หรือนักเรียนจะจดอย่างไม่เป็นระบบ เช่น นักเรียนจดในเศษกระดาษ ในสมุดหรือในมือถือ รวมถึงไม่เรียบเรียงข้อมูลที่ค้นคว้าก่อนอภิปราย ทำให้เมื่อกิจกรรมดำเนินผ่านไประยะหนึ่ง นักเรียนมักอภิปรายออกนอกประเด็น ทำให้ผู้วิจัยต้องคอยสรุปประเด็นจากแต่ละฝ่ายให้อีกฝ่ายฟังบ่อยครั้ง ดังนั้นในวงจรถัดไปซึ่งเป็นกิจกรรม “การแสดงบทบาทสมมติ” ผู้วิจัยจึงได้ย้าให้นักเรียนจดบันทึกสิ่งที่ตนต้องการนำเสนอหลังป้ายชื่อตามบทบาทของตน เพื่อช่วยให้นำเสนอได้ตรงประเด็นมากขึ้น และยังพบว่าถึงแม้นักเรียนบางส่วนจดบันทึกข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลอย่างเป็นระบบมากขึ้น แต่เมื่อเสร็จกิจกรรม นักเรียนกลับเพิกเฉยและไม่ใส่ใจที่จะเก็บเอาบันทึกเหล่านั้นไว้เป็นหลักฐานในการทำกิจกรรมต่อไป

ในวงจรถัดมา ผู้วิจัยจึงได้แก้ปัญหานี้โดยการออกแบบให้การจดบันทึกข้อมูลในการทำกิจกรรมเป็นส่วนหนึ่งของใบกิจกรรมของนักเรียน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้จดบันทึกและจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบมากขึ้น ได้แก่ ใบกิจกรรมที่ 4 “หลักฐานของฉัน” เป็นใบกิจกรรมที่มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนในกลุ่มที่มีความคิดเห็นเหมือนกันต่อประเด็น “การทำหมันสัตว์” อภิปรายร่วมกันในกลุ่มเกี่ยวกับรูปแบบของหลักฐานและวิธีการรวบรวมหลักฐานที่ฝ่ายตนจะใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน โดยหัวข้อที่นักเรียนต้องทำการจดบันทึกขณะอภิปราย ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง รูปแบบของหลักฐาน และวิธีการรวบรวมหลักฐาน เมื่อนักเรียนแต่ละฝ่ายนำเสนอ

หลักฐานของฝ่ายตนเองตามแนวทางที่นักเรียนเขียนไว้ในใบกิจกรรมที่ 4 นักเรียนอีกฝ่ายจะวิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของหลักฐานของฝ่ายที่นำเสนอ ว่าหลักฐานที่อีกฝ่ายนำมาเสนอนั้นมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ ทั้งรูปแบบของหลักฐานและวิธีการรวบรวมหลักฐาน โดยระหว่างที่อีกกลุ่มกำลังนำเสนอหลักฐาน นักเรียนกลุ่มตรงข้ามจะจดประเด็นความน่าเชื่อถือของหลักฐานลงในใบกิจกรรมที่ 7 “การประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐาน” ซึ่งประกอบด้วยประเด็นเกี่ยวกับรูปแบบของหลักฐาน วิธีการรวบรวมหลักฐาน ความน่าเชื่อถือของหลักฐาน และข้อคิดเห็นเพิ่มเติม โดยนักเรียนจะต้องเสนอแนะกลุ่มตรงข้ามว่าควรปรับปรุงรูปแบบของหลักฐานและวิธีการรวบรวมหลักฐานเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถืออย่างไรบ้าง

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยสังเกตว่า เมื่อนักเรียนกลุ่มแรกนำเสนอเสร็จสิ้นแล้วผู้วิจัยให้นักเรียนอีกฝ่ายอภิปรายในกลุ่มของตน พบว่านักเรียนค่อนข้างใช้เวลานานในการอภิปรายและจดบันทึกประเด็นที่จะอภิปรายลงในใบกิจกรรมที่ 7 ผู้วิจัยจึงเข้าไปสังเกตและสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการ ผู้วิจัยพบว่าการที่นักเรียนแต่ละฝ่ายไม่ได้จดบันทึกประเด็นที่ต้องการนำมาใช้ในการอภิปราย ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการระดมความคิดเห็นในกลุ่ม ดังนั้นในการนำเสนอครั้งถัดไป ขณะที่เพื่อนอีกฝ่ายกำลังนำเสนอ ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนจดบันทึกประเด็นที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการอภิปรายได้ ลงในที่ว่างด้านหลังใบกิจกรรม เพื่อช่วยให้กลุ่มของนักเรียนรวบรวมประเด็นที่ใช้วิจารณ์หลักฐานของฝ่ายตรงข้ามได้รวดเร็วและครบถ้วนยิ่งขึ้น

ในวงจรถัดไป หากมีประเด็นการอภิ-

ปรายใดที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการอ้างอิง ในกิจกรรมต่อไปได้ ผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้นักเรียน จดบันทึกข้อมูลเหล่านั้นไว้ด้านหลังของใบกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นถึงความ เชื่อมโยงของข้อมูล นำไปสู่ความตระหนักของการ ค้นคว้าหาข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาสนับสนุน ข้อกล่าวอ้างของตนได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับอนุทินของนักเรียนที่ระบุว่า “...สิ่งที่เรารู้ ในวันนี้สามารถนำไปปรับใช้ในงานวิจัย โครงการ หรือรายงานเชิงวิชาการในวันข้างหน้า เพราะได้ รู้ว่าหลักฐานที่น่าเชื่อถือควรเป็นอย่างไร” (อนุทิน ของนักเรียน, 1 กันยายน 2560)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีการจด บันทึกรายละเอียดต่าง ๆ ลงในใบกิจกรรมแล้ว นักเรียนสามารถหยิบยกเอาข้อมูลที่ได้รวบรวม ไว้มาใช้ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ มากขึ้น นอกจากนั้นนักเรียนยังนำเอาประเด็น บางประเด็นที่จดบันทึกขณะเพื่อนอีกฝ่ายนำเสนอเหล่านั้นไปขยายความเพื่อให้ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับหลักฐานของฝ่ายตรงข้าม ซึ่งส่งเสริมให้ นักเรียนวิเคราะห์ถึงการใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อันจะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือได้

แนวปฏิบัติที่ 2 ให้นักเรียนเปลี่ยนแปลง จุดยืนของตนได้ และให้โอกาสนักเรียนที่มีความ คิดเห็นต่างจากผู้อื่นได้ค้นคว้าอย่างอิสระด้วยตนเองเพื่อมาเป็นส่วนหนึ่งของการอภิปรายในห้องเรียน

หนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้น คือ ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนต่อประเด็นใดประเด็นหนึ่ง อันจะ นำมาสู่การค้นคว้าหาหลักฐานและให้เหตุผลประกอบ เพื่อให้ข้อกล่าวอ้างนั้นมีความน่าเชื่อถือ

ในช่วงแรกผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนทำการสร้าง ข้อกล่าวอ้างในจุดยืนของตนว่าตนเห็นด้วยหรือไม่ กับการทำหมันสัตว์ แล้วจึงให้นักเรียนค้นคว้าหา หลักฐานและให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ของตน โดยกลุ่มนักเรียนจะแบ่งกลุ่มโดยชัดเจน ว่าเป็นกลุ่มที่เห็นด้วยและเป็นกลุ่มที่ไม่เห็นด้วย

ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 ซึ่งเป็นกิจกรรม “การแสดงบทบาทสมมติ” ผู้วิจัย สังเกตเห็นว่านักเรียนประมาณ 2-3 คน ไม่เข้าร่วมกลุ่มเพื่ออภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เมื่อผู้วิจัยเข้าไปซักถามพบว่า เมื่อนักเรียนได้ทำ การรวบรวมหลักฐานเกี่ยวกับประเด็น “การทำ หมันสัตว์” เป็นระยะเวลาหนึ่ง นักเรียนบางส่วนมีความรู้สึกลังเลใจ และเห็นโน้มเอียงไปทางจุดยืน ตรงข้ามมากกว่า ปัญหาดังกล่าวยังสอดคล้องกับ บันทึกการจัดการเรียนรู้ของครูพี่เลี้ยงที่สะท้อนว่า “ถ้าหากนักเรียนเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยทั้งหมด จะทำอะไร ควรหาวิธีจัดการ...” (บันทึกการจัดการ เรียนรู้ของครูพี่เลี้ยง, 30 สิงหาคม 2560)

จากเหตุการณ์ข้างต้น ผู้วิจัยจึงอนุญาต ให้นักเรียนเปลี่ยนกลุ่มตามจุดยืนใหม่ของตน และ ให้นักเรียนอภิปรายเพิ่มเติมว่าหลักฐานที่นักเรียนรวบรวมมาทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงจุดยืน ได้อย่างไร ดังการนำเสนอของนักเรียนที่ว่า “จาก ที่กลุ่มเราตอนแรกเป็นกลุ่มที่ไม่เห็นด้วยกับการ ทำหมันสัตว์นะคะ แต่พอรวบรวมข้อมูลมาแล้วก็ พบว่าจริง ๆ แล้ว การพาสัตว์ไปทำหมันมันมีข้อดี หลายอย่างทั้งกับคนเลี้ยงแล้วก็สัตว์ (ข้อกล่าว อ้าง) จากที่เราไปค้นมานะคะ สัตว์แพทย์ประจำ โรงพยาบาลสัตว์ได้กล่าวว่า การทำหมันช่วยลด โอกาสการเกิดความก้าวร้าว... และในกรณีของ แมว เนื่องจากแมวเป็นสัตว์ที่ผสมพันธุ์ได้ปีละ หลายครั้ง และมีลูกได้ครอกละหลายตัวด้วย (หลัก-



ฐาน) จะเห็นได้ว่าการทำหมันจะช่วยลดประชากรของแมวที่มากเกินไปได้ (การให้เหตุผล) เลยทำให้กลุ่มดิฉันคิดว่าการทำหมันน่าจะมีประโยชน์ในระยะยาวค่ะ (วิดิทัศน์การจัดการเรียนรู้, 30 สิงหาคม 2560)

การที่ผู้วิจัยให้โอกาสนักเรียนเปลี่ยนแปลงจุดยืนได้นั้น ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะมีส่วนร่วมในการอภิปรายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากนักเรียนมีแนวทางและจุดยืนของตนเองที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามระหว่างการดำเนินกิจกรรมการอภิปรายเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของหลักฐาน ผู้วิจัยสังเกตว่านักเรียนรหัส 37 ไม่ได้เข้าไปร่วมอภิปรายกับกลุ่มตน เมื่อผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนคนนี้พบว่า นักเรียนไม่เห็นด้วยกับทั้งฝั่งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยกับการทำหมันสัตว์ เนื่องจากนักเรียนระบุว่า “หนูคิดว่าเราไม่ควรนำสัตว์มาเลี้ยงอยู่แล้วตั้งแต่แรก สัตว์ควรอยู่ในป่า ไม่ใช่สัตว์เลี้ยง มันผิดธรรมชาติ หนูเลยรู้สึกขัดใจที่ต้องคิดว่าจะต้องทำหมันสัตว์หรือเปล่า เราเอาเขา มาเลี้ยงทำไม” (การสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ, 30 สิงหาคม 2560) ผู้วิจัยได้แก้ปัญหานี้ โดยการให้นักเรียนรหัส 37 ได้เสนอข้อกล่าวอ้างของตนต่อประเด็น “การทำหมันสัตว์” และให้เพื่อนแสดงความคิดเห็นต่อข้อกล่าวอ้างของนักเรียนรหัส 37 เพิ่มเติม นักเรียนบางส่วนได้กล่าวว่า “หลักฐานที่ว่าสัตว์ควรอยู่ในป่าคืออะไร ทำไมเราไม่ควรเลี้ยงสัตว์ล่ะ เขาเลี้ยงกันมานานมากแล้ว” ซึ่งสิ่งนี้จะประเด็นให้นักเรียนค้นคว้าหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนต่อไป ผู้วิจัยสังเกตว่าในคาบเรียนถัดไป นักเรียนรหัส 37 มีส่วนร่วมในการอภิปรายมากขึ้น โดยแสดงความมั่นใจที่จะนำเสนอข้อคิดเห็นและหลักฐานของตน

ในวงจรถัดมาผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงจุดยืนของตนได้เสมอ หรือถ้านักเรียนมีความคิดเห็นที่แตกต่าง นักเรียนจะสามารถนำเสนอแนวคิดเหล่านั้นเพื่อนำมาอภิปรายเพิ่มเติมได้ การที่ผู้วิจัยให้อิสระนักเรียนในการเปลี่ยนแปลงจุดยืน จะช่วยส่งเสริมความมั่นใจและความกระตือรือร้นในการเข้าร่วมกิจกรรม ทำให้นักเรียนมีแรงผลักดันที่จะโน้มน้าวใจผู้ที่มีความคิดเห็นไม่สอดคล้องกับตน โดยการค้นคว้าหาหลักฐานและให้เหตุผลเพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างของตนมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

แนวปฏิบัติที่ 3 จัดกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเห็นตัวอย่างของการใช้หลักฐานและเหตุผลของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดี เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 เป็นการโต้วาทีในประเด็นที่ว่า “สัตว์ที่ทำหมันจะมีสุขภาพดีกว่าสัตว์ที่ไม่ทำหมัน” เพื่อให้นักเรียนได้เห็นว่าการโน้มน้าวใจให้ผู้อื่นเห็นคล้อยตามตนจะต้องมีการใช้หลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือมาสนับสนุน โดยจะนำไปสู่การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของหลักฐานต่อไป

อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบใบกิจกรรมของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่านักเรียนยังประสบปัญหาเกี่ยวกับการใช้หลักฐานและการพิจารณาว่าสิ่งใดจัดเป็นหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ดังตัวอย่างรูปแบบของหลักฐานและวิธีการรวบรวมหลักฐานของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 4 “หลักฐานของฉันท” ที่นักเรียนระบุว่า “รูปแบบหลักฐานคือ เว็บไซต์ รายงาน และวิธีการรวบรวมหลักฐานคือการสืบค้นบทความและวิจัยในอินเทอร์เน็ต บทความหรือข่าว” จะเห็นได้ว่านักเรียนไม่ได้คำนึงถึงความน่า

เชื่อถือของหลักฐานที่จะนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างเท่าที่ควร

ในวงจรถัดมา นักเรียนแต่ละฝ่ายต้องนำเสนอหลักฐานตามที่นักเรียนระบุในใบกิจกรรมที่ 4 และประเมินหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามโดยบันทึกรายละเอียดในใบกิจกรรมที่ 7 “การประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐาน” โดยเมื่อนักเรียนวิพากษ์วิจารณ์หลักฐานของฝ่ายตรงข้ามแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการอภิปรายเพื่อหาแนวทางปรับปรุงความน่าเชื่อถือของหลักฐานของกลุ่มตน ผู้วิจัยพบว่า ถึงแม้ว่านักเรียนจะวิพากษ์ความน่าเชื่อถือของหลักฐานของฝ่ายตรงข้าม และปรับปรุงหลักฐานให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นแล้ว แต่นักเรียนยังมีการใช้หลักฐานที่ขาดความน่าเชื่อถืออยู่ ดังรายละเอียดในบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ที่ระบุว่า “...นักเรียนยังใช้หลักฐานจากเว็บไซต์ ทั้ง ๆ ที่ในคาบเรียนที่แล้วทั้งสองกลุ่มถูกวิพากษ์วิจารณ์เรื่องใช้หลักฐานที่อยู่ในรูปแบบของบทความในเว็บไซต์มากเกินไป...ในคาบนี้ นักเรียนก็ยังปรับปรุงความน่าเชื่อถือของหลักฐานได้ไม่ดีเท่าที่ควร” (บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้, 28 สิงหาคม 2560)

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ในวงจรถัดไปผู้วิจัยจึงปรับปรุงการใช้หลักฐานของนักเรียนโดยให้นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่มย่อย แล้วแต่ละกลุ่มต้องเสนอความคิดเห็นว่าหลักฐานที่ดีและมีความน่าเชื่อถือควรมีลักษณะเป็นอย่างไร โดยส่วนใหญ่ นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของหลักฐานที่น่าเชื่อถือได้ค่อนข้างเหมาะสม ตัวอย่างเช่น เป็นงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ เป็นข้อมูลจากนักวิชาการที่ได้รับการยอมรับ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้โอกาสนักเรียนค้นคว้าหาหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือเพิ่มเติมจากการนำเสนอครั้งที่แล้ว ซึ่งนักเรียนมี

ความพยายามที่จะหาหลักฐานในรูปแบบที่น่าเชื่อถือมากขึ้น เช่น หลักฐานในรูปแบบของความรู้จากสัตวแพทย์

ในวงจรถัดไป เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นภาพเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการยกตัวอย่างของการใช้หลักฐาน การให้เหตุผล และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดี โดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างสถานการณ์การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ “ฟ้าใส” และ “ใจดี” ดังนี้

“ฟ้าใสและใจดี กำลังทำปฏิบัติการเคมี ทั้งสองสงสัยว่าไขมันและสบู่เป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ พวกเขาจึงค้นคว้าและทดลอง จนได้ข้อสรุปเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดังนี้

ฟ้าใส: ไขมันและสบู่เป็นสารคนละชนิดกัน ไขมันมีสีขาวขุ่นและนุ่ม แต่สบู่มันแข็ง ไขมันละลายได้ในน้ำมันแต่สบู่ไม่ละลายในน้ำมันแต่ละลายในน้ำ ไขมันมีจุดหลอมเหลวที่ 47 องศาเซลเซียส สบู่มีจุดหลอมเหลวมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ไขมันมีความหนาแน่น 0.92 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สบู่มีความหนาแน่น 0.84 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากไขมันและสบู่มีสมบัติต่างกันดังอธิบายข้างต้น ฉะนั้นจึงคิดว่าสบู่และไขมันเป็นสารคนละชนิดกัน เพราะสารต่างชนิดจะมีคุณสมบัติที่ต่างกัน

ใจดี: ไขมันและสบู่เป็นสารคนละชนิดกัน ไขมันใช้สำหรับทำอาหารและสบู่ใช้สำหรับทำความสะอาด สองสิ่งนี้เป็นสิ่งที่เราใช้กันทุกวัน ตารางข้อมูลคือหลักฐานของฉัน สิ่งของอาจเป็นสารคนละชนิดกัน ถ้าคุณสามารถแสดงหลักฐานที่ถูกต้องให้เห็นได้” (McNeill et al., 2006)

หลังจากนักเรียนทำความเข้าใจคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ข้างต้นแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่ม

ร่วมกันอภิปรายว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ “ฟ้าใส” และ “ใจดี” มีความแตกต่างกันอย่างไร นักเรียนส่วนใหญ่อภิปรายว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ “ฟ้าใส” มีการสร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้อง หลักฐานที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเพียงพอและมีความเหมาะสม มีการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ชัดเจน ในขณะที่คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ “ใจดี” มีการสร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่หลักฐานไม่เพียงพอและไม่เหมาะสม รวมถึงการให้เหตุผลมีความคลุมเครือด้วย ผู้วิจัยพบว่าการใช้วิธีการยกตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์ที่ดีและไม่ดี ทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับอนุทินของนักเรียนที่ระบุว่า “...ได้เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และข้อสนับสนุนที่ดี นำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่มีการต้องถกเถียงกัน...” (อนุทินของนักเรียน, 1 กันยายน 2560)

เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีแล้ว ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มย่อยสรุปเกี่ยวกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีลงในกระดาษแผ่นใหญ่ ว่าองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีควรมีลักษณะอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนระบุว่า “...หลักฐานควรมาจากแหล่งที่มาที่มีความน่าเชื่อถือเช่น หนังสือ บทความจากนักวิชาการ และการให้เหตุผลควรเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง เชื่อมโยงกับหลักฐาน และตรงประเด็น...”

การให้โอกาสนักเรียนวิพากษ์วิจารณ์และเปรียบเทียบระหว่างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ที่ดีและไม่ดีในแต่ละองค์ประกอบ จะช่วยส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงความเกี่ยวเนื่องกันของแต่ละองค์ประกอบได้ และยังช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพรวมขององค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

*แนวปฏิบัติที่ 4 กำหนดกฎและกติกาสำหรับการทำกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการประเมินประนีประนอมและกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย*

การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้สร้างข้อกล่าวอ้างในประเด็น “การทำหมันสัตว์” ว่านักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนรับชมวิดีโอขั้นตอนการทำหมันสัตว์ แล้วถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า “นักเรียนเคยเห็นขั้นตอนการทำหมันดังเช่นในวิดีโอหรือไม่” สิ่งที่คุณวิจัยพบคือนักเรียนค่อนข้างแย้งกันตอบ ทำให้ผู้วิจัยฟังคำตอบนักเรียนไม่ค่อยทัน เนื่องจากประเด็นนี้ค่อนข้างใกล้ตัวนักเรียน นักเรียนหลายคนเลี้ยงสัตว์และเคยพาสัตว์ของตนไปทำหมัน ประกอบกับการรับชมวิดีโอทำให้นักเรียนเกิดอารมณ์ร่วมกับประเด็น จนทำให้นักเรียนไม่ได้สนใจฟังคำตอบของเพื่อน ส่งผลให้บรรยากาศขณะนั้นวุ่นวายพอสมควร ในวงจรถัดไป ผู้วิจัยได้พยายามแก้ปัญหาดังกล่าวโดยตั้งกติกาให้นักเรียนยกมือและบอกชื่อของตนก่อนที่จะพูดเสมอ แต่วิธีการนี้ก็ไม่ได้ผลเพียงระยะแรกเท่านั้น เพราะนักเรียนมักหลงลืมกติกาและปฏิบัติตนเช่นเดิม

ในวงจรถัดมา นักเรียนต้องมีส่วนร่วมในกิจกรรมได้ว่าเพื่อนำไปสู่การค้นคว้าหาหลักฐานมาเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน ในช่วงแรกของการได้ว่าที่นักเรียนค่อนข้างมีอารมณ์

ร่วมกับจุดยืนของตนเองมาก ทำให้เกิดการใส่  
อารมณ์ในการโต้ว่าที่มากกว่าที่จะใช้เหตุผล และ  
ในบางครั้งนักเรียนได้พูดแทรกเพื่อนฝ่ายตรง  
ข้ามเพื่อแสดงความไม่เห็นด้วย ซึ่งมีรายละเอียด  
ดังนี้ (วิทัศน์การจัดการเรียนรู้, 23 สิงหาคม  
2560)

นักเรียนฝ่ายเสนอ: จากที่ฝ่ายตรงข้าม  
บอกว่า การทำหมันทำให้เกิดอันตราย ดิฉันจะ  
บอกว่าการไม่ ทำหมันเนี่ยมันอันตรายยิ่งกว่านะ  
คะ แผลที่เล็ก ๆ อาจนำไปสู่แผลที่ใหญ่กว่าเดิม  
กลุ่มเราอ่านงานวิจัยมานะคะ การไม่ทำหมันส่งผล  
เสียให้เป็นโรคได้คะ

นักเรียนฝ่ายค้าน: (กล่าวแทรก) งานวิจัย  
อะไร อ่านจริงหรือ

ดังนั้นเมื่อการโต้ว่าที่ในช่วงแรกผ่านไป  
ผู้วิจัยจึงต้องย้ำเตือนให้นักเรียนตระหนักถึงวิธีการ  
โต้ว่าที่ที่เหมาะสม ว่าการโน้มน้าวทำให้ผู้ที่มีจุดยืน  
ต่างจากเรา เราจะต้องลดการใช้อารมณ์ และใช้  
หลักฐานประกอบการให้เหตุผลในการโน้มน้าวใจ  
ฝ่ายตรงข้าม นักเรียนจึงปรับเปลี่ยนพฤติกรรม  
ให้เหมาะสมมากขึ้นดังที่นักเรียนระบุในอนุทินว่า  
“...ทุกคนล้วนมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน เรา  
ต้องอยู่ร่วมกันอย่างมีเหตุผล ฟังความคิดเห็น  
ของผู้อื่น...” (อนุทินของนักเรียน, 23 สิงหาคม  
2560)

อย่างไรก็ตาม ขณะที่กิจกรรมอภิปราย  
ดำเนินไป ผู้วิจัยพบว่านักเรียนหลายคนมีท่าที  
เพิกเฉยหรือไม่สนใจที่จะฟังความคิดเห็นของ  
เพื่อนที่กำลังพูด ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกติกาเพิ่ม-  
เติมเมื่อมีการนำเสนองานในชั้นเรียนว่า นักเรียน  
แต่ละกลุ่มต้องแสดงความคิดเห็นต่อการนำเสนอ  
ของเพื่อน เพื่อให้การอภิปรายดำเนินไปอย่างมี  
ประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังพบว่าตัวแทนกลุ่ม

ที่ออกมาแสดงความคิดเห็นต่อประเด็นต่าง ๆ มัก  
เป็นคนเดิมซ้ำ ๆ ซึ่งจะส่งผลทำให้นักเรียนบาง  
กลุ่มที่ไม่ได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมไม่ได้รับ  
การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบาย  
เชิงวิทยาศาสตร์ และการที่นักเรียนในกลุ่มมีบทบาท  
ในการทำกิจกรรมไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดความ  
ไม่พอใจกันในกลุ่มได้ ดังอนุทินของนักเรียนที่ว่า  
“หนูรู้สึกหงุดหงิดนิดหน่อยคะ เพราะเพื่อนไม่ค่อย  
ช่วยกันสักเท่าไร...” (อนุทินของนักเรียน, 23  
สิงหาคม 2560)

ดังนั้นในวงจรถัดไปซึ่งนักเรียนต้องวิ-  
พากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของหลักฐาน  
ของฝ่ายตรงข้าม ผู้วิจัยจึงได้กำหนดว่า นักเรียน  
แต่ละกลุ่มต้องส่งตัวแทนที่ไม่ซ้ำกันในการอภิปราย  
แต่ละรอบ ผู้วิจัยพบว่าในครั้งนี้อัตถุภาพการนำเสนอ  
มีหลากหลายมากขึ้น นักเรียนหลายคนที่เป็นตัว-  
แทนเป็นนักเรียนที่ไม่เคยแสดงความคิดเห็นใน  
ห้องเรียนมาก่อน ในช่วงแรกนักเรียนเหล่านี้ค่อนข้าง  
เขินอายที่จะแสดงความคิดเห็นในการอภิปราย  
แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้พยายามชักตักเขาเช่นนี้  
ในทุก ๆ วงจร ทำให้นักเรียนมีความกล้าที่จะออก  
มาทำกิจกรรมมากขึ้น “...ทำให้กระตือรือร้นใน  
การทำกิจกรรม...” (อนุทินของนักเรียน, 30 สิงหาคม  
2560) ทำให้นักเรียนแต่ละคนได้รับโอกาส  
เป็นตัวแทนในการนำเสนอและการทำกิจกรรมมาก  
ขึ้น อันจะส่งผลต่อโอกาสในการพัฒนาความ  
สามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ  
ตนที่มากขึ้นด้วย

การจัดการเรียนรู้ในวงจรสุดท้าย นัก-  
เรียนทุกคนจะร่วมกันแสดงละครเพื่อการประนี-  
ประนอมในประเด็นเกี่ยวกับ “การทำหมันสัตว์”  
เรื่อง “เส้นขนานที่บรรจบกัน” โดยนักเรียนทั้ง  
ฝ่ายที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยเกี่ยวกับประเด็น

ดังกล่าวร่วมกันหาทางออกของปัญหาว่าเราจะสามารถอยู่ร่วมกันสังคมที่มีแนวคิดที่แตกต่างนี้ได้อย่างไร ซึ่งผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักเรียนแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ ได้แก่ คนเขียนบท ผู้กำกับ พิธีกรดำเนินรายการ และนักแสดง โดยนักเรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการแสดงนี้ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางส่วนที่ไม่ค่อยกล้าออกมาเป็นตัวแทนในการนำเสนอ หลังจากที่ได้รับโอกาสในการเป็นตัวแทนมากขึ้นในวงจรที่ผ่านมา นักเรียนเหล่านั้นก็แสดงออกถึงความมั่นใจในการเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมนี้โดยมีส่วนร่วมในการเป็นนักแสดงหรือคนเขียนบท

การตั้งกฎและกติกาสามารถช่วยให้การทำกิจกรรมในห้องเรียนนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่จะต้องอาศัยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การยอมรับ การทำความเข้าใจในความแตกต่างของแต่ละบุคคล ดังนั้นนักเรียนต้องเป็นทั้งผู้พูดและผู้ฟังที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นไปอย่างมีเหตุผลและหลักการทางวิทยาศาสตร์

### การอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยพบแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ จะช่วยให้นักเรียนเรียบเรียงความคิดของตนเองอย่างเป็นระบบระเบียบ ทำให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละกิจกรรมแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ในการอภิปรายในห้องเรียนได้อย่าง

ตรงประเด็น นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านั้นเพื่อนำไปใช้ในการอภิปรายในครั้งต่อ ๆ ไปได้ สอดคล้องกับที่ Norris et al. (2005) เสนอว่า การจัดการเรียนรู้โดยการสอดแทรกกิจกรรมที่ให้นักเรียนจดบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หรือการอธิบายในประเด็นต่าง ๆ จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาการสร้างคำอธิบาย ข้อยืนยันหรือคำจำกัดความได้ อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบใบกิจกรรมที่นักเรียนใช้ในการบันทึก ครูอาจลดการใช้คำหรือหัวข้อซ้ำเพื่อช่วยเหลือนักเรียนในการสร้างคำอธิบายในแต่ละองค์ประกอบ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น (McNeill et al., 2006)

แนวปฏิบัติต่อมาคือการทำให้นักเรียนในการเปลี่ยนแปลงจุดยืนของตนเองได้ รวมทั้งทำให้นักเรียนที่มีจุดยืนที่แตกต่างสามารถค้นคว้าตามความคิดเห็นของตนเองได้ ครูผู้สอนควรแสดงการยอมรับและส่งเสริมความเป็นตัวเองของนักเรียน โดยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้ความคิดได้อย่างอิสระ (Chaikit, 2008) ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ประเด็นเหล่านี้เป็นประเด็นที่อ่อนไหวและก่อให้เกิดความขัดแย้งทางแนวคิดทัศนคติ หรือความเชื่อ ดังนั้นครูควรจะให้อิสระต่อการแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างของนักเรียน ยอมรับและเข้าใจถึงความแตกต่างนั้น ทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงจุดยืนและให้นักเรียนได้เป็นส่วนหนึ่งของการอภิปรายในห้องเรียนเสมอ

การจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เห็นตัวอย่าง

ของการใช้หลักฐานและแสดงเหตุผลของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมักประสบปัญหาในการทำความเข้าใจมากที่สุดคือการใช้หลักฐานและการให้เหตุผล (McNeill et al., 2006) การจัดกิจกรรมให้นักเรียนวิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับตัวอย่างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีและไม่ดีเปรียบเทียบกัน ช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Osborne et al. (2004) ที่พบว่าครูควรยกตัวอย่างการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผ่านการเขียนหรือการบรรยาย เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการยกตัวอย่างที่ดีและตัวอย่างที่ไม่ดีแล้วนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อให้นักเรียนเห็นว่าคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งใดจัดว่าเหมาะสม ประกอบกับความท้าทายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานที่ว่า ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทักษะเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยตนเอง เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจว่าสิ่งใดควรจัดเป็นหลักฐานที่ดี ที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนได้ (Zeidler and Nicols, 2009)

การกำหนดกฎและกติกาในการนำเสนองานให้มีความชัดเจน และนำกติกาไปปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ทุกครั้งจะช่วยลดความวุ่นวายในห้องเรียนได้ ทำให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างราบรื่นและบรรลุเป้าหมาย เนื่องจากประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการอภิปรายเป็นประเด็นที่ค่อนข้างใกล้ตัวนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีอารมณ์ร่วมค่อนข้างมาก ทำให้

มีโอกาสดึงดูดความขัดแย้งระหว่างนักเรียนได้ ครูจึงเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการอภิปรายของนักเรียนและควรรับฟังพร้อมกับพยายามจัดการกับปัญหาเมื่อนักเรียนเกิดความขัดแย้ง (Dawson and Venville, 2010) เน้นย้ำให้นักเรียนทราบกฎกติกาของการอภิปราย และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ดังที่ Moje et al. (2001) ได้เสนอว่าการทำให้นักเรียนตระหนักถึงความแตกต่างการโต้แย้งในชีวิตประจำวันกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จะทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการอภิปรายที่ดีได้ จะเห็นได้ว่านักเรียนลดการโต้แย้งโดยใช้อารมณ์และเปลี่ยนมาโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการค้นคว้ามากขึ้น นอกจากนั้นการตั้งกฎหรือกติกาในการทำกิจกรรมอภิปรายในห้องเรียนยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mercer et al. (2004) ที่พบว่า การที่ครูตั้งกฎเกณฑ์ที่ชัดเจนต่อกิจกรรมการโต้แย้งของนักเรียน จะช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งมากขึ้น และยังพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนอีกด้วย นอกจากนั้นปัญหาที่พบได้บ่อยสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่มีการอภิปรายในห้องเรียนคือนักเรียนบางส่วนจะไม่กล้าแสดงออกหรือเสนอเป็นตัวแทนในการแสดงความคิดเห็น อันจะทำให้นักเรียนเสียโอกาสในพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นหนึ่งในวิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้คือการกำหนดให้นักเรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการอภิปราย

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ครูควรมุ่งเน้นกิจกรรมที่ส่งเสริมการวิพากษ์เกี่ยวกับหลักฐานที่มีหลากหลาย และให้โอกาสนักเรียนปรับปรุงการใช้หลักฐานของตนเอง รวมถึงการมุ่งเน้นการเปรียบเทียบหรือการยกตัว-

อย่างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีและไม่ดีเพื่อให้นักเรียนทำการวิพากษ์วิจารณ์

2. ครูควรมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงจุดยืนต่อประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ให้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลตามแนวทางที่ตนยึดถือได้

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนมักจะมีแนวโน้มที่จะใช้ความรู้สึก อารมณ์ หรือประสบการณ์ แทนการใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นงานวิจัยต่อไปควรศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา ภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ประจำปีการศึกษา 2559

### เอกสารอ้างอิง

Chaikit, N. (2008). **A Study on Science Learning Achievement and Motivation in Science Learning through Constructivism Learning and Inquiry Process of Matthayomsuksa 1 Students at Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (Secondary)**. Master of Education Thesis in Secondary Education. Bangkok: Srinakharinwirot University.

(in Thai)

Dawson, V. M., and G. Venville. (2010). Teaching strategies for developing students argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. **Research in Science Education** 40: 133–148.

Eilks, I. (2010). Making chemistry teaching relevant and promoting scientific literacy by focusing on authentic and controversial socio-scientific issues. **The Annual Meeting of the Society for Didactics in Chemistry and Physics**. Germany: Potsdam.

Fowler, S. R., Zeidler, D. L., and Sadler, T. D. (2009). Moral sensitivity in the context of socioscientific issues in high school students. **International Journal of Science Education** 31: 279–296.

Kemmis, S., and McTaggart, R. (1998). **The Action Research Planner**. Geelong, Victoria: Deakin University.

McNeill, K. L., and Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In Lovett, M. C. and Shah, P. (Eds.), **Thinking with Data: The Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Carnegie Symposium on Cognition**, pp.233–265. Mahwah Erlbaum.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., and Marx, R. W. (2006). Supporting students construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials.

**The Journal of the Learning Sciences**  
15(2): 153–191.

Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R., and Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist: Ways of helping children to use language to learn science. **British Educational Research Journal** 30(3): 359–377.

Moje, E., Collazo, T., Carrillo, R., and Marx, R. (2001). Maestro, what is quality? Language, literacy, and discourse in project-based science. **Journal of Research in Science Teaching** 38(4): 469–498.

Nagel, E. (1961). **The Structure of Science: Problems in the Logic of Science Education**. New York, USA: Harcourt, Brace & World.

Norris, S. P., Guilbert, S. M., and Smith, M. L. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. **Science Education** 89: 535–563.

North Central Regional Educational Labora-

tory (NCREL). (2003). **Focus on Student-Centered Learning/Support Professional Development**. Retrieved from <http://www.ncrel.org>, March 4, 2017.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2009). **PISA 2009 Assessment Framework: Key Competencies in Reading, Mathematics and Science**. Retrieved from <http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf>, February 20, 2017

Osborne, J., Erduran, S., and Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. **Journal of Research in Science Teaching** 41(10): 994–1020.

Toulmin, S. (1958). **The Uses of Argument**. Cambridge, England: Cambridge University.

Zeidler, D. L., and Nicols, B. (2009). Socioscientific issue: Theory and practice. **Journal of Elementary Science Education** 21(2): 49–58.